

Библиографические ссылки

1. Левитская Е. А. Возможность скрытой дистанционной оценки степени алкогольного опьянения водителя транспортного средства // Вестн. Сибир. гос. автомобильно-дорожной академии. 2013. № 1 (29). С. 31–35.
2. Kim Youngshin, Na Jaekeun, Yoon Seongbeak, Yi Juneho. Masked fake face detection using radiance measurements // Optical Society of America. 2009. Vol. 26, Nr 4. P. 760–765.
3. Пушкарева А. Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани : учеб. пособие. СПб. : СПбГУ ИТМО, 2008. 103 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АНТЕНН ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АНТЕННЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ

Н. И. Лю, В. К. Некрасов

(Екатеринбург, УрФУ, talion@el.ru, macmalik@mail.ru)

Научный руководитель: доцент кафедры РТС ИРИТ-РТФ УрФУ Е. И. Духан

В книге известного специалиста в области построения сигнализационных систем охраны И. И. Груба [1] описаны так называемые антенные средства обнаружения (АСО).

Принцип действия антенных средств обнаружения (СО) довольно прост (рис. 1). В качестве блока обработки сигналов (БОС) средства обнаружения может выступать обычный УКВ-приемник не слишком высокого качества. Чувствительным элементом СО может служить антенна соответствующего диапазона. Устройство настраивается на частоту вещания одной из местных радиостанций УКВ-диапазона, для которой обеспечивается уверенный прием на участке, подлежащем сигнализационному контролю. Отражаясь от различных объектов, электромагнитные колебания образуют сложную суперпозицию бегущих и стоячих волн. Распределение электромагнитного поля вблизи приемной антенны можно считать квазистационарным. Приближение человека к антенне меняет установившуюся картину стоячих волн, в результате чего амплитуда несущей радиосигнала испытывает флуктуации. Регистрация и анализ флуктуаций амплитуды несущей с частотами, соответствующи-

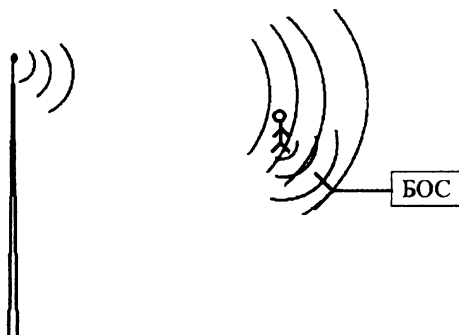


Рис. 1. Принцип действия средств обнаружения антенного типа

ми скоростям движения человека, позволяет средству обнаружения формировать сигнал тревоги.

Антенные СО наиболее эффективно работают в диапазоне 60–100 МГц. В этом диапазоне тело человека по своим геометрическим и физическим параметрам наиболее активно переизлучает ЭМП.

Перемещаясь на четверть длины волны, человек может переместиться из узла в пучность картины стоячих волн и наоборот. Если человек смещается на половину длины волны в направлении антенны или от нее, то пространственная составляющая поля, на которую нарушитель наиболее активно воздействует, претерпевает сдвиг фаз, равный 360° , а изменение амплитуды испытывает полный период модуляции. Таким образом, диапазону скоростей нарушителя $V = 0, 1 \dots 10$ м/с соответствует диапазон частот амплитудной модуляции несущей исходного колебания:

$$f = \frac{2V}{\lambda} = 0,07 \dots 7 \text{ Гц}. \quad (1)$$

Структурная схема АСО имеет вид, представленный на рис. 2.

Наведенный в антенне сигнал претерпевает предварительную фильтрацию во входных цепях (ВЦ) и усиливается в УВЧ. Усиленный сигнал СВЧ-диапазона поступает в смеситель (СМ), на опорный вход которого подается сигнал с гетеродина (Г). Основное усиление в ВЧ-тракте осуществляется в усилителе промежуточной частоты (УПЧ), на выходе которого установлен амплитудный детек-

тор (АД). Низкочастотный тракт СО содержит усилитель и полосовой фильтр (ПФ), который выделяет полезную составляющую в соответствующей (1) полосе частот. Усиленный и свободный от помех полезный сигнал анализируется в блоке принятия решений (БПР). При соответствии параметров анализируемого сигнала воздействию нарушителя БПР формирует сигнал тревоги.

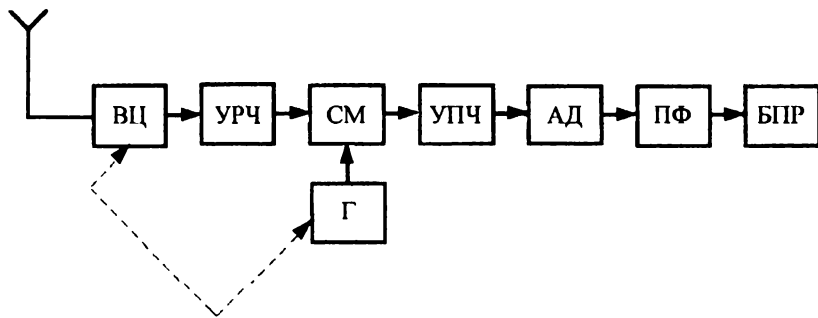


Рис. 2. Структурная схема АСО

Описанные в [4] средства обнаружения подразумевают использование сосредоточенных антенн. Представляется возможным использовать «антенный» принцип обнаружения для построения СО с протяженной контролируемой зоной. В качестве приемной предлагается использовать распределенную антенну, например, такую, которая используется в волновых СО с подземным расположением чувствительного элемента (ЧЭ) [4].

Антенное средство обнаружения с протяженным чувствительным элементом должно обладать рядом преимуществ.

Антенное СО можно считать пассивным средством обнаружения, поскольку оно не излучает электромагнитного (и любого другого) поля в окружающее пространство. При использовании распределенной подземной антенны СО обеспечивает также и полную визуальную скрытность. Кроме того, СО имеет протяженную зону обнаружения, повторяющую рельеф местности.

Для исследования АСО с распределенной антенной предполагается построить ее математическую модель.

Для расчета поля передатчика можно использовать классический подход, предложенный, например, в [3]:

$$E_{\text{прд}}(r) = A \frac{e^{-jk r}}{2\pi r} \cos\left(2\pi f t - \frac{2\pi r}{\lambda}\right), \quad (2)$$

где A – амплитуда поля излучателя; r – расстояние от излучателя; f – частота излучаемого сигнала; λ – длина волны, излучаемого сигнала; $k = \beta - j\alpha$ – комплексное волновое число; α – коэффициент затухания; β – коэффициент фазы.

На рис. 3 представлено пространственное распределение поля передающей станции, рассчитанное в соответствии с выражением (1). Из рис. 3 видно, что амплитуду «зондирующего» поля от удаленного более чем на несколько сотен метров от передающего устройства в пределах длины охраняемого участка (до 150 м) можно считать равномерной.

Нарушителя можно представить некоторым поляризуемым в поле передающей станции физическим телом, с характерными для человека геометрическими размерами и электрическими параметрами биологических тканей. Согласно принципу Гюйгенса каждая точка, принадлежащая поляризованному телу, является элементарным ретранслятором. Совокупность всех элементарных переизлучателей формирует вторичную волну, которая, преломляясь в грунт, создает возмущение поля вблизи подземной антенны $E_{\text{цели}}(r)$.

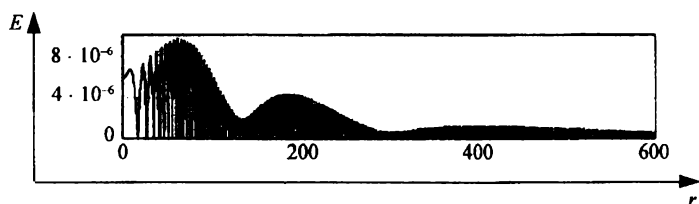


Рис. 3. Зависимость амплитуды поля от расстояния

Для расчета поля, переизлученного целью и преломленного в грунт, можно использовать аналитическое выражение для излучения элементарного диполя вблизи границы раздела двух (например, грунт – воздух) сред, предложенное в [4]:

$$E(r) = -\frac{I\Delta l}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} d\xi \int_{-\infty}^{+\infty} d\eta e^{i(\xi r + \eta x)} \left[\frac{\mu_1 \gamma_1 (k_2^2 - \xi^2) + \mu_2 \gamma_2 (k_1^2 - \xi^2)}{\omega M N} \right] e^{i(\gamma_1 h - \gamma_2 y)}, \quad (3)$$

где I – ток, возбуждения переизлучателя, длиной Δl , (зависит от амплитуды возбуждающего поля передающей станции $E_{\text{прл}}$); x, y, r – пространственные координаты; h – высота переизлучателя над линией раздела сред; $k_j^2 = \omega^2 \mu_j \bar{\epsilon}_j$ – комплексные волновые числа сред распространения ЭМП; $M \equiv \mu_1 \gamma_2 + \mu_2 \gamma_1$, $N \equiv \bar{\epsilon}_1 \gamma_2 + \bar{\epsilon}_2 \gamma_1$, $\gamma_j^2 = k_j^2 - \xi^2 - \eta^2$ – вспомогательные выражения; ξ и η – формальные переменные интегрирования по пространству волновых чисел.

При этом можно использовать прием, описанный в [2], когда цель замещается некоторым набором переизлучающих диполей, совокупность которых замещает тело человека.

Приемную линию можно считать бесконечно тонким проводником, на каждом элементе длины которого переизлученное нарушителем поле наводит элементарное ЭДС $dV(r)$. Каждая ЭДС возбуждает внутреннюю или поверхностную (в зависимости от типа приемной линии) волну, которая распространяется к нагрузкам антенны (рис. 4). Суперпозиция волн, возбужденных всеми элементами длины приемной линии, выделяемая (с учетом параметров распространения) в нагрузке антенны в виде напряжения с точностью до постоянного коэффициента K , и является искомым сигналом:

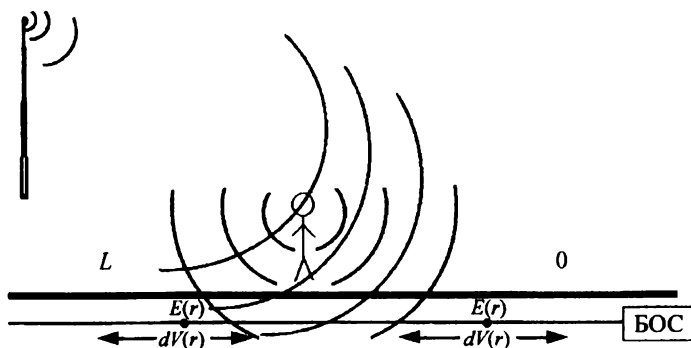


Рис. 4. Наводка элементарных ЭДС на приемной линии

$$U_c = K \int_0^L dV(r) e^{-jk_n r} dr, \quad (4)$$

где $k_n = \beta_n - j\alpha_n$ – комплексное волновое число приемной линии.

Последовательный расчет по формулам (2), (3) и (4) для каждой фиксированной точки траектории движения цели позволит получать реализации полезного сигнала, выделяемого в нагрузке приемной антенны, как функции времени с целью дальнейшего анализа.

В настоящее время на кафедре РТС организован и проводится эксперимент по оценке работоспособности АСО с распределенным чувствительным элементом, с использованием высокочувствительного бытового приемника, имеющего УКВ-канал. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 5. К антенному входу приемника подключена распределенная антенна длиной 15 м. Настройка устройства на частоту устойчиво работающей станции осуществляется штатными средствами приемника. Для обеспечения возможности работы приемника в качестве блока обработки сигналов СО у него отключены системы автоматической регулировки усиления (АРУ) и автоматической подстройки частоты (АПЧ). Регистрируемый сигнал снимается со второго каскада УПЧ, поступает на амплитудный детектор (АД), после чего усиливается в усилителе постоянного тока (УПТ) и подвергается частотной фильтрации в полосовом фильтре. Амплитудный детектор собран на высококачественных быстродействующих операционных усилителях (ОУ), а УПТ и ПФ – на прецизионных малошумящих ОУ.

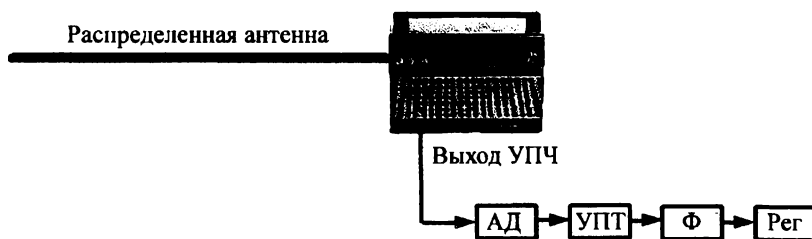


Рис. 5. Схема экспериментальной установки

Первые проведенные эксперименты продемонстрировали наличие различного на фоне шумов полезного сигнала при движении нарушителя непосредственно вблизи приемной антенны, что говорит о целесообразности дальнейших исследований антенных средств обнаружения с протяженным чувствительным элементом.

Библиографические ссылки

1. *Груба И. И.* Системы охранной сигнализации. Технические средства обнаружения. М. : Солон-Пресс, 2012. 220 с.
2. *Бакланов В. В., Духан Е. И.* Моделирование процессов сигналообразования в двухкабельных средствах обнаружения, на основе линий вытекающей волны // Радиотехника. 2009. № 2. С. 115–118.
3. *Вайнштейн Л. А.* Электромагнитные волны. М. : Радио и связь, 1988. 440 с.
4. *Кинг Р., Смит Г.* Антенны в материальных средах : в 2 кн. / пер. с англ. М. : Мир, 1984. 416 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА ПЕРЕХВАТА РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ТОНКИХ ОТРАЖАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОСРЕДСТВОМ ЛАЗЕРНОГО МИКРОФОНА

А. В. Макаров, В. П. Гуляев

(Екатеринбург, УрФУ, uncletimmy3@yandex.ru, gulyaev-vp@ya.ru)

В основе исследуемого метода перехвата речевой информации лежат нижеследующие физические процессы. Зондируемый объект (например, оконное стекло) представляет собой мембрану, которая колеблется со звуковой частотой, создавая фонограмму разговора. Генерируемое лазерным передатчиком излучение, распространяясь в атмосфере, отражается от поверхности оконного стекла и модулируется акустическим сигналом, а затем воспринимается фотоприемником. Далее принятый сигнал демодулируется и поступает на устройство обработки информации. Принципиальное значение